

# De eklogiet uit Haren (Gr): waar komt hij vandaan?

door Jan Langendoen en Herman van Roermund

## Samenvatting

Dit artikel beschrijft de resultaten van ons onderzoek naar de herkomst en het ontstaan van de eklogiet die in 1965 in Haren (Groningen) gevonden is. Wij hebben analyses uitgevoerd met behulp van optische en electronenmicroscopische technieken (Electronen Microprobe; EMP). Uit deze analyses is berekend dat de eklogiet werd gevormd bij een temperatuur van 756°C (+/- 50°C) en een minimale druk van 16,2 kb (+/- 1 kb). Door de mineraalchemie te vergelijken met de literatuur, zijn wij tot de conclusie gekomen dat de eklogiet van Haren afkomstig is van het Seve Nappe (dekblad) Complex in Noord-Jämtland, Zweden. Zie kaartje A, hiernaast.

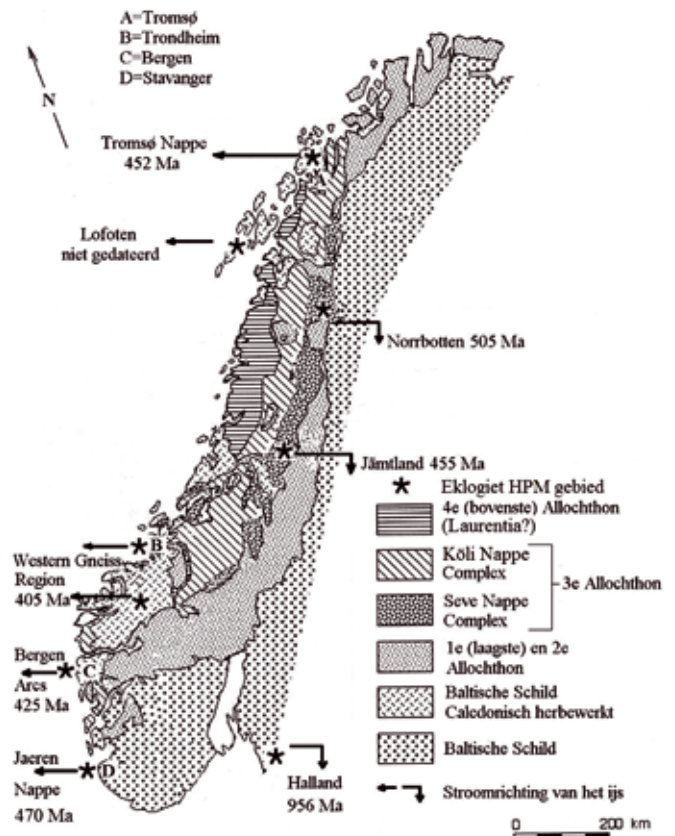
Voor verdere informatie over de eklogiet van Haren wordt de lezer verwezen naar Van Roermund (1985) en Langendoen en Van Roermund (2007). Wilt u meer weten over de mineralogie en karakteristieke omzettingen van eklogieten in het algemeen, dan kunt u veel informatie vinden in het artikel van Kees Majjer dat ook in deze Gea staat.



Afb. 1. De retrograde-eklogiet zwerfsteen uit Haren, Groningen. Rood: granaat; lichtgroen tot crème matrix: omgezette omfaciet (diopsied en plagioklaas). De zwarte randen om granaat bestaan uit amfibool en plagioklaas (kelyfytische rand)

## Algemeen

In 1965 vond de heer G. Dijk een zwerfsteen in Haren (Groningen), afb. 1. Hij bracht de steen voor determinatie naar Harry Huisman, kenner van Groninger zwerfstenen, die dacht dat het een eklogiet was die uit Scandinavië afkomstig is. Dat was in 1982. Afb. 2 toont een slijpplaatje van deze eklogiet. De eklogiet bestaat op het oog uit granaat met een zwarte reactierand in een crème tot lichtgroene matrix. De zwarte rand om de granaat is een zogenaamde kelyfytische rand die bestaat uit amfibool en plagioklaas (afb. 3). De crème tot lichtgroene matrix in het handstuk is een omzetting op micronschaal van omfaciet naar een vergroeiing (symplectiet) van diopsied (groenachtig) en plagioklaas. Afb. 5b. Deze twee omzettingen (de kelyfytische rand en de symplectiet) geven aan dat dit een retrograde-eklo-



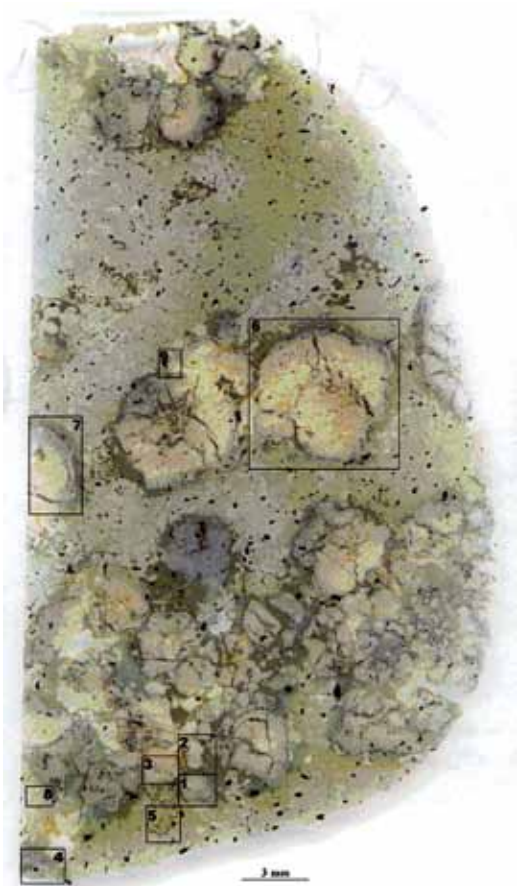
Kaart A. Overzichtskaat van de Scandinavische Caledoniden (westelijk deel van het Baltische Schild), onderverdeeld in vier Allochthons (Nappe Complexen) die bovenop het Baltische Schild liggen. De eklogiethoudende HPM-gebieden zijn aangegeven met een ster. Gemodificeerd naar Brueckner en van Roermund (2004)

giet is: de omzettingen in het gesteente zijn gevormd als reactie op lagere temperatuur- en drukcondities dan die waaronder de eklogiet in eerste instantie werd gevormd. De retrograde reacties zijn met het blote oog waarneembaar in het handstuk. De naam diopsied in dit artikel wordt gebruikt voor een mengkristal van overwegend diopsied met kleinere hoeveelheden hedenbergiet en jadeiet.

## Analyses

### Granaat

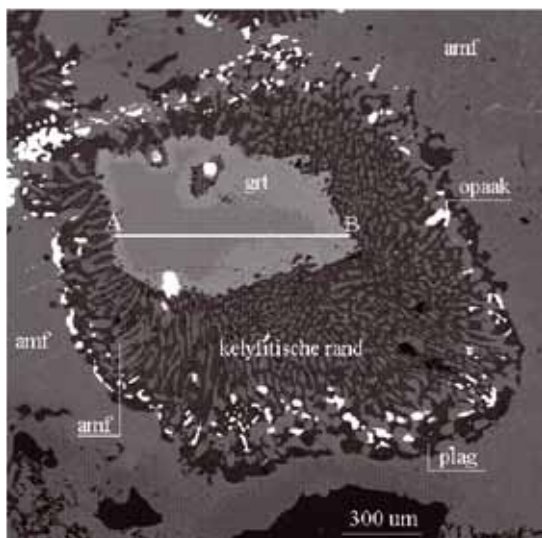
Van één granaat zijn 50 analyses gemaakt langs lijn A-B (afb. 3). Het stappenprofiel (afb. 4) laat zien dat de granaat gezoneerd is. De kleur van de granaat op de foto loopt van lichtgrijs aan de buitenkant tot donkergrijs naar het midden. De kern is relatief homogeen van samenstelling en bevat 42% almandien, 35% pyroop en 23% grossulaar. Naar de buitenkant toe nemen Fe en Mn toe, terwijl Mg en Ca afnemen. De rand bestaat uit ongeveer 58% almandien, 21% pyroop en 21% grossulaar. Deze zonering is het gevolg van omzettingen door verlaging van de druk tijdens de reis van de eklogiet naar het aardoppervlak.



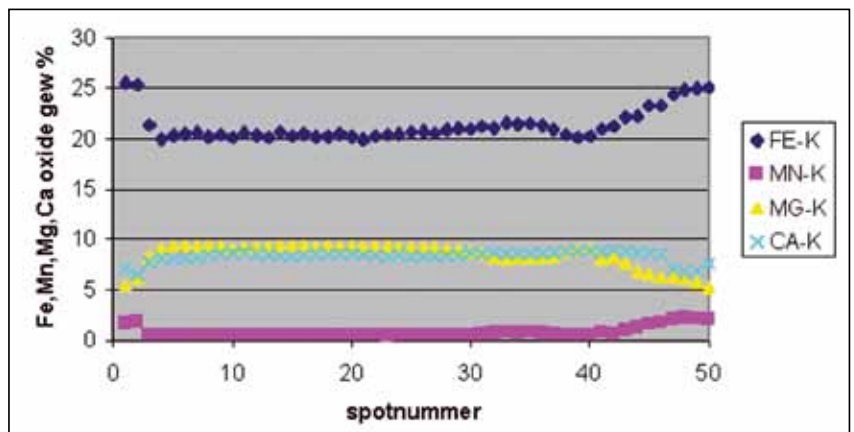
Afb. 2. Een gescande afbeelding van het slijpplaatje van de retro-eklogiet. De omliggende gebieden zijn bestudeerd met EMP.

### Clinopyroxeen

In de eklogiet zitten twee typen clinopyroxeen: omfaciet en diopsied. Omfaciet komt voor als insluitsels in granaat (afb. 5a); het heeft een jadeietpercentage van 32,6 en 33,1%. Het zijn relictten van de oorspronkelijke eklogiet. Diopsied komt vergroeid voor met plagioklaas (afb. 5b). Een vergroeiing van twee mineralen op microscopische schaal wordt een symplectiet genoemd. Het is een secundair metamorf product van omfaciet. Het percentage jadeiet komt hier niet boven de 8% uit. Afb. 5c laat een eindliddiagram zien van deze twee clinopyroxenen.



Afb. 3. EMP-afbeelding van een kelyfytische rand rond een granaat (zie ook afb. 1 en 2). Donkergrijs = plagioklaas, wit = opaak en grijs = amfibool. Het geheel ligt in een matrix van amfibool. De locatie van omlijnig 1 is te zien in afb. 2.



Afb. 4. Microprobe stappenprofiel door een granaat. Er zijn 50 analyses gemaakt langs lijn A-B (zie afb. 3). Fe en Mn nemen toe naar de rand van de granaat terwijl Mg en Ca afnemen. Spotnummer 0 is punt A en spotnummer 50 is punt B.

### Orthopyroxeen

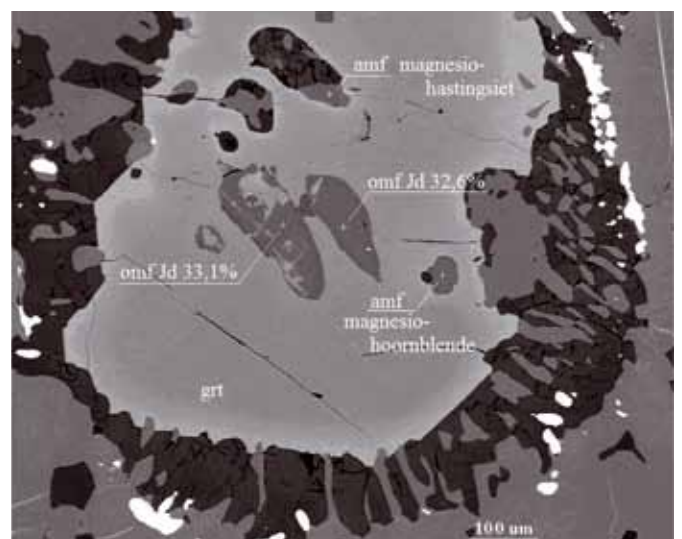
Orthopyroxeen komt, samen met plagioklaas en amfibool, voor als een corona om kwartskorrels die ingesloten zijn in granaat (afb. 6). De EMP-analyses geven aan dat ze tussen 63,0 en 64,3% enstatiet en tussen de 35,7 en 37,0% ferro-siliet bevatten.

### Amfibool

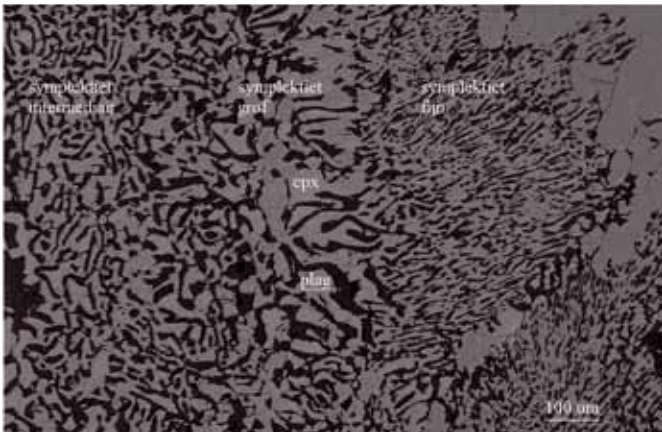
Op grond van de chemische samenstelling en kleur zijn vier typen amfibolen onderscheiden.

**Type 1.** Als insluitsel in granaat (de twee korrels in afb. 5a). Zij zijn geanalyseerd als magnesio-hastingsiet en magnesio-hoornblende. De optische kleur van deze amfibolen is groen tot grijsgroen. Een ander amfiboolinsluitsel in granaat is te zien in afb. 7a. Hier is de amfibool omgeven door een secundaire corona van amfibool en plagioklaas, gevormd tijdens de retrograde fase. De amfibool is in de kern een Mg-Fe-(Mn) amfibool (cummingtoniet), maar verandert naar de rand toe in een steeds Ca-rijkere amfibool (van magnesio-hoornblende, iets donkerder grijs, naar edeniet, iets lichter grijs). De optische kleur van deze amfibolen is van zeer lichtgroen in de kern via groen in het midden tot blauwgroen aan de buitenzijde.

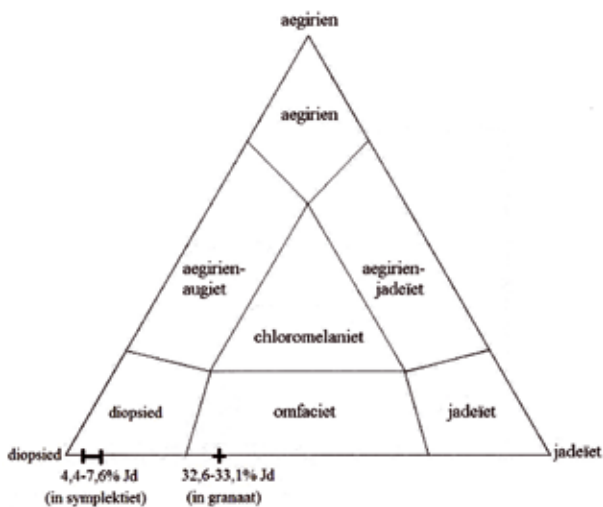
**Type 2.** In de matrix. De optische kleur is bruingroen, het is een Ca-amfibool (edeniet). Dichter bij een kwartskristal zal het silica-gehalte hoger worden, de samenstelling blijft echter die van een edeniet.



Afb. 5a. EMP-afbeelding van clinopyroxeen (omfaciet) type 1 als insluitsel in granaat. De amfibolen zijn ook type 1. Locatie omlijnig 2 in afb. 2.



Afb. 5b. EMP-afbeelding van clinopyroxeen (diopsied) type 2 en plagioklaas type 2 in een symplectiet van clinopyroxeen-plagioklaas na omfaciet. Donkergrijs = plagioklaas en grijs = clinopyroxeen (diopsied). Locatie omlijnning 8 in afb. 2.



Afb. 5c. Eindlid-diagram van clinopyroxenen. Type 1 als insluitel in granaat, locatie: omlijnning 2 in afbeelding 3. Type 2 in een symplectiet van diopsied-plagioklaas, locatie omlijnning 8 in afb. 2. Gemodificeerd naar Essene en Fyfe, 1967.

**Type 3.** Samen met plagioklaas in de kelyfische rand rond granaat (afb. 7b). De optische kleur van deze amfibool is blauwgroen. Het is een Ca-amfibool (magneso-hastingsiet). De kelyfische rand is een omzetting van granaat naar plagioklaas en amfibool. Buiten deze rand is de amfibool een edeniet.

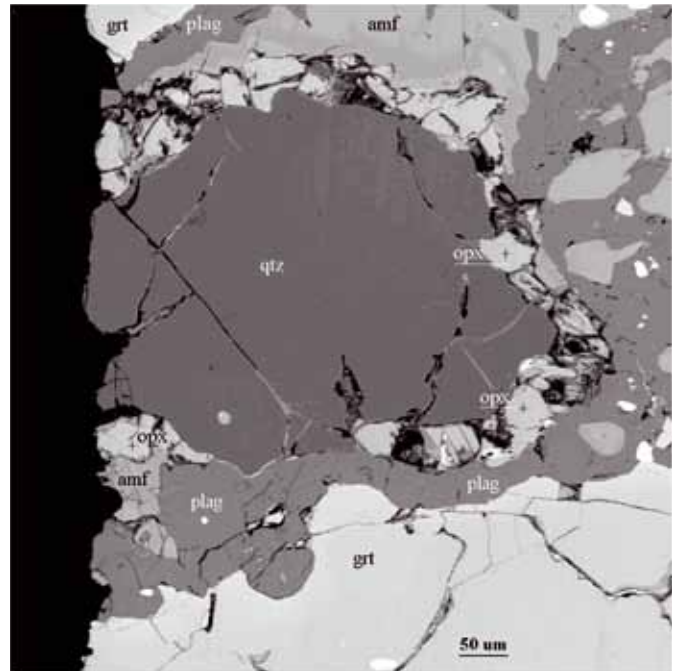
**Type 4.** Als secundaire ring om een geïsoleerd plagioklaas-aggregaat (afb. 8). De optische kleur is licht blauwgroen. Het is een Ca-amfibool (actinooliet).

### Na-Ca-plagioklaas

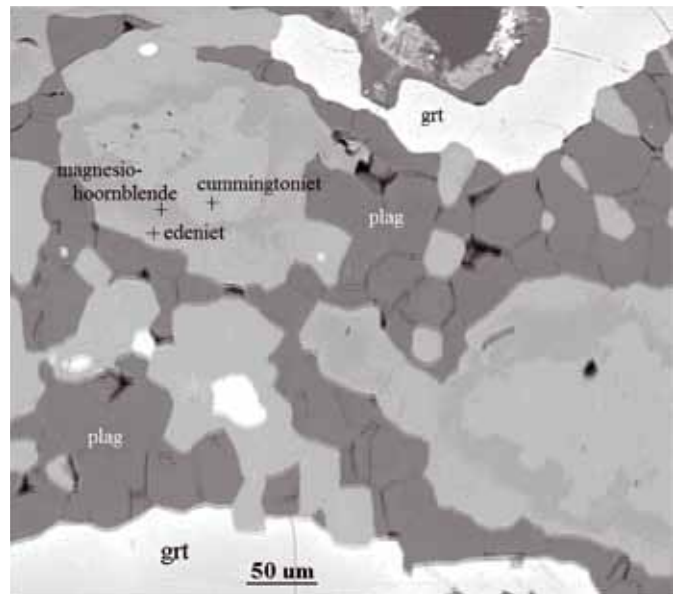
Na-Ca-plagioklaas hoort in eerste instantie niet in een eklogiet, maar is later ontstaan als retrograde reactie. Er zijn drie typen Na-Ca-plagioklaas gevonden:

**Type 1.** Samen met amfibool in de kelyfische rand rond granaat (afb. 7b). Het Ca-gehalte van deze plagioklaas neemt toe van buiten naar binnen, het Na-gehalte laat tegengestelde waarden zien: hoe verder van de granaat af hoe hoger. Dicht bij de granaat is de plagioklaas een bytowniet (donkergrijs); halverwege de kelyfische rand wordt hij een labradoriet (iets donkerder grijs); aan de buitenzijde is hij een andesien (nog donkerder grijs).

**Type 2.** In de diopsied-plagioklaas symplectiet (afb. 5b). Dit is een andesien.



Afb. 6. EMP-afbeelding van een corona van orthopyroxeen (lichtgrijs) met amfibool (grijs) en plagioklaas (donkergrijs) om een kwartskorrel als insluitel in granaat. Locatie omlijnning 7 in afb. 2.

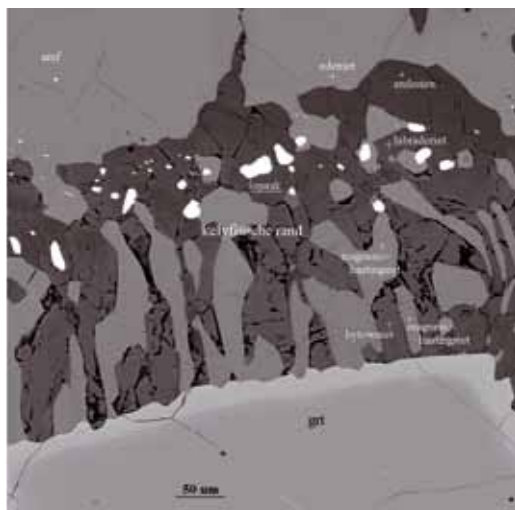


Afb. 7a. EMP-afbeelding van een type 1 Ca-amfibool (grijs) met een rand van plagioklaas (donkergrijs) als insluitel in granaat. De amfibool is gezoneerd (lichter en donkerder grijs) en correspondeert met cummingtoniet, magneso-hoornblende en edeniet. Meer naar rechts op de foto ligt eenzelfde insluitel. Locatie omlijnning 3 in afb. 2.

**Type 3.** In de symplectiet, als een geïsoleerd aggregaat met een rand van amfibool (afb. 8). In de kern van het aggregaat is de plagioklaas een bytowniet (donkergrijs); aan de buitenzijde is hij een andesien (nog donkerder grijs). Deze aggregaten zouden een omzetting van zoisiet kunnen zijn.

### Berekening van de metamorfe condities

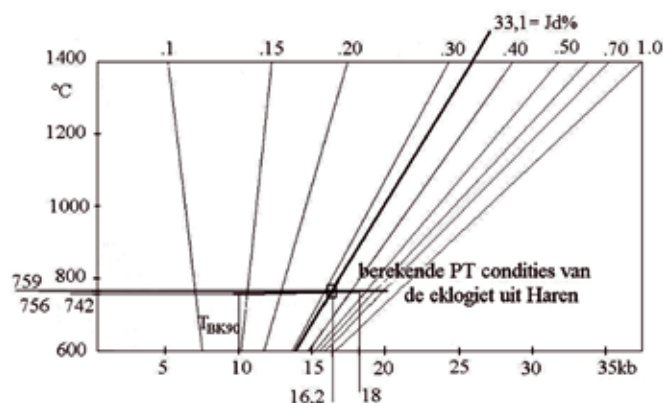
Bij de berekening van de druk waaronder de eklogiet gevormd is, is gebruik gemaakt van het jadeietgehalte in de omfaciet. Het maximale jadeietgehalte is 33,1% (afb. 5a). Uit experimenteel onderzoek blijkt dat dit kan worden gebruikt als (minimum) drukindicator (Gasparik & Lindsley, 1980, zie de dunne verticale



Afb. 7b. EMP-afbeelding van een type 3 Ca-amfibool (grijs) in een kelyfitische rand om granaat samen met plagioklaas (donkergrijs). De amfibolen zijn vanaf de granaatrand: magnesio-hastingsiet en edeniet. De plagioklazen zijn type 1 en zijn vanaf de granaatrand: bytowniet (donkergrijs), labradoriet (nog donkerder grijs) en andesien (nog donkerder grijs). Locatie omlijning 3 in afb. 2.



Afb. 8. EMP-afbeelding van een geïsoleerd liggend aggregaat van plagioklaas (donkergrijs) met een rand van amfibolen (grijs), dit zijn actinolieten. De kern van het aggregaat is bytowniet (donkergrijs) en de rand van het aggregaat is andesien (nog donkerder grijs). Locatie omlijning 9 in afb. 2.



Afb. 9. PT-diagram met de berekende PT-condities voor de vorming van de retrograde-eklogiet uit Haren. De PT-condities werden berekend door de lijn die het jadeïetgehalte van omfaciet met 33,1% Jd weergeeft (Gasparik & Lindsley, 1980) te laten snijden met de bijna vlakke lijn afkomstig uit de twee pyroxenen-thermometer van Brey & Köhler (1990;  $T_{BK90}$ ).

lijnen in afb. 9). De temperatuur is berekend uit de samenstelling van de ortho- en clinopyroxeen volgens de experimentele methode van Brey en Köhler (1990,  $T_{BK90}$ ). De berekening werd gemaakt voor  $P = 10 \text{ kb}$  ( $T = 742^\circ\text{C}$ ) en  $18 \text{ kb}$  ( $T = 759^\circ\text{C}$ ), die als dikke, vrijwel horizontale lijnen staan afgebeeld in afb. 9.

### Waar komt de eklogiet vandaan?

Scandinavië kent maar een paar gebieden waar eklogieten voorkomen (Kaart A, zie pag. 23). Van deze gebieden konden wij de Noorse eklogietvoorkomens meteen uitsluiten, omdat zwerfstenen uit deze gebieden Nederland nooit hebben bereikt. Alleen de Zweedse eklogietvoorkomens bleven over als mogelijk herkomstgebied van de zwerfsteen uit Haren. Alle gegevens (mineraalinhoud, berekende PT-condities, percentage pyroop in granaat, percentage jadeïet in omfaciet) van de retrograde-eklogiet uit Haren zijn vergeleken met de literatuur over eklogieten uit de drie HPM-gebieden in Zweden (tabel 1).

Gebied	Minimum druk	Temperatuur	% Pyroop in granaat	% Jadeïet in omfaciet	Auteur
N - Jämtland					
Ertsekey Lens	$P \geq 18,0 \pm 1 \text{ kb}$	$780 \pm 50^\circ\text{C}$	22-35	28-41	Van Roermund 1985
Tjeliken Lens	$P \geq 16,5 \pm 1 \text{ kb}$	$650 \pm 50^\circ\text{C}$	8-22	$\approx 48$	Van Roermund 1985, Litjens 2002
Norrbottn					
Vaimok Lens	$P \geq 19,0 \pm 1 \text{ kb}$	$700 \pm 50^\circ\text{C}$	18-32	36-46	Santallier 1988, Mørk et al. 1988
Tsäkkok Lens	$P \geq 14,9 \pm 1,5 \text{ kb}$	$610 \pm 90^\circ\text{C}$	tot 42	33-44	Stephens en Van Roermund 1984
Halland	$P \geq 10,8 \pm 1,2 \text{ kb}$	$750 \pm 45^\circ\text{C}$	niet bekend	niet bekend	Möller 1998
<b>Haren</b>	<b><math>P \geq 16,2 \pm 1 \text{ kb}</math></b>	<b><math>756 \pm 50^\circ\text{C}</math></b>	<b>21-35</b>	<b>32,6-33,1</b>	

Tabel 1: Gegevens van eklogieten uit de HPM-gebieden in Noord-Jämtland, Norrbotten en Halland als vergelijking met de eklogiet uit Haren.

## De primaire mineraalinhoud van de eklogieten in deze gebieden zijn:

### **omfaciet+granaat+kwarts+rutil+zirkoon+apatiet+zoïsieet**

Noord-Jämtland, Central Belt (Ertsekey Lens):  
(Van Roermund 1985)

### **granaat+omfaciet+kwarts+rutil+zirkoon+apatiet+phengiet**

Noord-Jämtland, Eastern Belt (Tjeliken Lens):  
(Van Roermund 1985)

### **granaat+omfaciet+kwarts+rutil±phengiet**

Norrbottnen, Grapesvare gebied (Vaimok Lens):  
(Santallier 1988)

### **granaat+omfaciet+kwarts+rutil±phengiet+zoïsieet**

Norrbottnen, Råvvejaure gebied (Tsäkkok Lens):  
(Mørk, Kullerud & Stabel, 1988)

### **kyaniethoudende eklogiet met corona van saffirien+plagioklaas**

Halland (Möller 1998; 1999) geen phengiet

### **omfaciet+granaat+kwarts+rutil+zirkoon+apatiet+zoïsieet Eklogiet uit Haren (Gr.)**

## Conclusie

Onze conclusie is dat het HPM-gebied in Noord-Jämtland, Zweden, meer exact de Ertsekey Lens van de Central Belt, het meest waarschijnlijke herkomstgebied is van de zwerfsteen uit Haren, Groningen. Deze conclusie komt overeen met gesteentetellingen uit het gebied bij Haren (Zandstra, 1988, 1999). Daaruit blijkt dat een groot gedeelte van de daar gevonden zwerfstenen uit het Oost-Baltische gebied komt. Ons onderzoek is hiermee in overeenstemming, maar het resultaat werd op een totaal andere manier afgeleid. Gebaseerd op deze studie denken we dat de metamorfe ouderdom van de retrograde eklogiet uit Haren ± 455 Ma is (Brueckner en Van Roermund 2008).

## Verantwoording

We willen G. Dijk uit Groningen bedanken voor het beschikbaar stellen van de door hem in Haren gevonden retrograde eklogiet. Helaas heeft hij het einde van deze studie niet mee mogen maken. Verder wil ik (J.L.) iedereen bedanken die mij gesteund heeft tijdens deze studie, speciaal dr. C. Maijer wiens steun onontbeerlijk was; prof. dr. B. de Jong, Universiteit van Utrecht, die het project financieel heeft ondersteund en. O. Stiekema, IVA, Utrecht, die mij heeft geleerd hoe slijpplaatjes gemaakt moeten worden.

Een gemodificeerde versie met alle tabellen en afbeeldingen, in het Engels, van dit artikel is eerder verschenen in het tijdschrift: *Netherlands Journal of Geosciences*, volume 86, nummer 2, juli 2007 (Langendoen & Van Roermund)

## Literatuur

- Brey, G.P. & Köhler, T., 1990. Geothermobarometry in four phase lherzolites. Part II: New thermobarometers and practical assessment of existing thermobarometers. *Journal of Petrology* 31: 1353-1378.
- Brueckner, H.K. & Roermund van, H.L.M., 2004. Dunk tectonics: A multiple subduction/eduction model for the evolution of the Scandinavian Caledonides. *Tectonics*, 23-1, TC 2004: 1-20.
- Brueckner, H.K. & Roermund van, H.L.M., 2008. Concurrent HP metamorphism on both margins of Iapetus: Ordovician ages for eclogites and garnet pyroxenites from the Seve Nappe Complex, Swedish Caledonide. *Journal of the Geological Society*, London, Vol. 164, 2007, pp. 117-128.
- Essene, E.J. & Fyfe, W.S., 1967. Omphacite in Californian metamorphic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 15: 1-23.
- Gasparik, T. & Lindsley, D.H., 1980. Phase equilibria at high pressure of pyroxenes containing monovalent and trivalent ions. *Reviews in Mineralogy, Mineralogical Society of America*. 7: 309-339.
- Huisman, H., 1982. Een zwerfsteen van kelyphietische hoornblende-eklogiet. *Grondboor en Hamer*, 5: 130-132.
- Langendoen, J. & Roermund van, H.L.M., 2007. An investigation into the genesis of an erratic (retro) eclogite block from Haren, Groningen, the Netherlands. *Netherlands Journal of Geosciences*, vol. 86, 2: 145-157.
- Litjens, A., 2002. PT estimates of high-pressure metamorphic rocks from the Seve Nappe Complex, Jämtland, Central Scandinavian Caledonides. MSc Thesis, University of Utrecht, the Netherlands: 1-94.
- Möller, C., 1998. Decompressed eclogites in the Sveconorwegian (Grenvillian) orogen of SW Sweden: petrology and tectonic implications. *Journal of metamorphic Geology*, 16: 641-656.
- Möller, C., 1999. Sapphirine in SW Sweden: a record of Sveconorwegian (Grenvillian) late-orogenic tectonic exhumation. *Journal of metamorphic Geology*, 17: 127-141.
- Mørk, M.B.E., Kullerud, K. & Stabel, A., 1988. Sm-Nd dating of Seve eclogites, Norrbotten, Sweden - Evidence for early Caledonian (505 Ma) subduction. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 99: 344-351.
- Roermund van, H.L.M., 1985. Eclogites of the Seve Nappe, central Scandinavian Caledonides. In: D.G. Gee & B.A. Sturt (eds): *The Caledonide Orogen - Scandinavia and Related Areas*, John Wiley and Sons Ltd, Chichester: 873-886.
- Santallier, D., 1988. Mineralogy and crystallization of the Seve eclogites in the Vuoggatjålme Area, Swedish Caledonides of Norrbotten. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 110: 89-98.
- Stephens, M.B. & Roermund van, H.L.M., 1984. Occurrence of glaucophane and crossite in eclogites of the Seve Nappes, southern Norrbotten Caledonides, Sweden. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 64: 155-163.
- Zandstra, J.G., 1988. Noordelijke Kristallijne Gidsgesteenten. E.J. Brill, Leiden-New York-København-Köln: 469 pp.
- Zandstra, J.G., 1999. Platenatlas van noordelijke kristallijne gidsgesteenten. Backhuys Publishers, Leiden: 412 pp.